



COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UNA COCINA SOLAR CAJA PARA LA ELABORACIÓN DE DULCES Y CONSERVAS

F. Filippin¹, A. Iriarte^{2,4} y L. Saravia^{3,4}
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNCa
Avda. Belgrano 300 C.P. 4700, filippin18@hotmail.com

RESUMEN: Existen diversos métodos y tecnología para procesar alimentos con el sol. La conservación y elaboración solar de alimentos permite aumentar la calidad del producto y crear oportunidades sostenibles en la economía local. En el presente trabajo se describe el funcionamiento térmico de una cocina solar caja para la elaboración de dulces a partir de la cocción de pulpas de frutas y la esterilización de frutas en conservas dentro de recipientes de vidrios. El tiempo demandado para la cocción de pulpas de membrillo, con el agregado de azúcares, es de 210 minutos. Para la esterilización en frascos de 330 cm³ en la cocina solar caja alcanzó los 98 °C en 225 minutos con un tiempo de retención de 30 minutos. La evaluación térmica se realizó aplicando el protocolo de RICSA determinándose un buen flujo de calor absorbido por la pulpa, con una eficiencia próxima a la obtenida con agua.

Palabras claves: Cocina solar, cocina caja, cocción de pulpas de frutas, esterilización solar.

INTRODUCCIÓN

El Noroeste Argentino es un territorio en que se produce gran variedad de dulces artesanales, algunos de ellos de consumo masivo en todo el país. Estos dulces son confituras elaboradas a partir de la cocción de pulpas con el agregado de azúcares de frutas como manzana, pera y membrillo, entre otros, destinado al consumo doméstico. Esto constituye una excelente alternativa para un emprendimiento con muy baja inversión y desde el mismo hogar.

La mayoría de las comunidades rurales utilizan leña como principal fuente de combustible, la cual ocasiona un impacto negativo al medio ambiente. Sumado a esto, la gente tiene que buscar y coleccionar esta leña en zonas cada vez más alejadas de sus viviendas, lo que consumen gran parte de tiempo y un desgaste físico considerable. En estas comunidades la forma convencional para la cocción de pulpas de frutas es el fogón abierto, el cual consume gran cantidad de leña. En algunos grupos familiares, en menor medida, utilizan gas envasado.

Los dulces son confituras elaboradas a partir de cocción de pulpas de frutas como manzanas, peras y membrillo, con el agregado de azúcar. La materia prima se elige entre las variedades más adecuada, con buen contenido de pectina, que es el componente que le da firmeza al dulce. (INTA, estación experimental San Juan)

En general los alimentos son perecederos, por lo que necesitan ciertas condiciones de tratamiento, conservación y manipulación. Su principal causa de deterioro es el ataque por diferentes tipos de microorganismos (bacterias, levaduras y hongos). Las técnicas de conservación han permitido que alimentos estacionales sean de consumo permanente. La conservación por el calor somete a los alimentos a temperaturas y tiempos suficientes para reducir o eliminar la acción de los microorganismos y enzimas mediante la ebullición, esterilización y pasteurización.

El término esterilización indica la disminución del número de microorganismos dañinos a la salud humana hasta niveles de seguridad. Este paso se realiza mediante un tratamiento térmico que implica la aplicación de una determinada temperatura por un tiempo establecido. Las frutas generalmente son ácidas, por ello se conocen como alimentos con alto grado de acidez. Su acidez natural controla el desarrollo de microorganismos. En estos alimentos los únicos microorganismos que pueden presentarse son los hongos y las levaduras, que rara vez causan enfermedades.

La Cocina Tanque (Saravia et al., 2003) es una cocina solar tipo caja con una buena combinación de bajo costo y construcción robusta, que utiliza la mitad de un tanque de 200 litros para fabricar la caja. Es de interés su uso en zonas como la puna y prepuna.

En el presente trabajo se evalúa el comportamiento térmico de la Cocina Tanque para la elaboración de dulces y se presentan los ensayos realizados con los resultados de temperatura y tiempo necesario para lograr la esterilización solar como técnica de conservación de frutas estacionales en recipientes de vidrios. Para evaluar el funcionamiento térmico de la cocina tipo tanque se determinaron las curvas de absorción de calor de la pulpa en comparación con el agua, obtenida usando el protocolo (Castell et al., 1999a) y (Castell et al., 1999b).

¹ Becario UNCa

² INENCO, FCA - UNCa

³ INENCO, UNSa

⁴ Investigador del CONICET

MATERIALES Y METODOS

Se aplicó una metodología experimental, utilizando la Cocina Tanque para la conservación de frutas a través de la esterilización y la elaboración de dulces. Entre las variedades de dulces se trabajó con pulpa de membrillo como una de las especialidades de la región.

Para la determinación de las características térmicas de las distintas experiencias que se realizaron con la cocina tanque se utilizó el método del factor de olla (recipiente) que define el flujo o velocidad de absorción del calor por parte del recipiente y su contenido (Filippin et al., 2006). Esto es:

$$Fo = \frac{(\phi_{\max} - \phi_c)}{\phi_{\max}} \times 100 \quad (1)$$

El factor de olla define la relación entre flujo máximo de calor absorbido (ϕ_{\max}) en el instante $t=0$ donde la curva de calentamiento del agua tiene su máxima pendiente y el flujo de calor crítico (ϕ_c) correspondiente a una diferencia de temperatura de 50 °C ambiente interior y ambiente exterior, que representa una diferencia de temperatura de olla a partir de la cual la cocción comienza a ocurrir. El flujo absorbido por la olla (ϕ), se calcula como la diferencia de temperatura del agua entre medidas sucesivas dividida por el tiempo entre las mismas.

Descripción de la Cocina Tanque. Elaboración de dulces y producción de conservas.

La cocina solar tipo caja ensayada está construida utilizando un tambor de 200 litros cortado por la mitad a lo largo de su eje. A la misma se le coloca una tapa con un marco de madera y un doble vidrio y reflectores de aluminio de alta pureza con una reflectividad de 0,91. El reflector gira para acomodarse al ángulo del sol y el semicilindro se apoya sobre una base para facilitar el movimiento de la cocina (Saravia et al., 2003).

El interior de la cocina está formado por una chapa ondulada pintada de color negro mate, esta sirve para apoyar en forma firme una chapa gruesa, sobre la cual se coloca la olla para favorecer su calentamiento. Las dimensiones de la “cocina tanque” son de 0,58 m de diámetro y su longitud es de 0,88 m. La profundidad útil de la cocina es de 0,18 m. Uno de los reflectores tiene el ancho del tanque y como altura el diámetro del mismo.

El recipiente es una asadera rectangular de chapa fina color negro de 38x28x5 cm, con una capacidad de 3,5 litros. Se utilizó como tapa el papel film.

En la figura 1a se observa la Cocina Tanque y la asadera rectangular con 2,200 kg de pulpa de membrillo con el agregado de azúcar y el papel film como tapa del recipiente. La figura 1b muestra la cocción de la pulpa que se prolonga hasta que el dulce adquiere el punto final, punto óptimo para el trabajo de la pectina. Dicho punto se mide al observar como las gotas de dulce se desprenden fácilmente del papel film.



Figura 1a. Vista de la Cocina Tanque con 2,200kg de pulpa en olla tipo asadera.



Figura 1b. Proceso de cocción del dulce de membrillo en cocina Tanque

Cocina Tanque. Esterilización solar

La Cocina Tanque tiene un volumen interior de 0,05 m³ y una profundidad útil de 0,20m, esto nos permite esterilizar recipientes de vidrios manteniendo las condiciones de esterilidad del alimento en el proceso.

En la figura 2 y 3 se puede apreciar la Cocina Tanque con 12 frascos de vidrios con frutas (duraznos y peras) en su interior. La capacidad de cada frasco es de 330 cm³, en ellos se coloca la fruta pelada y trozada, azúcar y agua, dejando un pequeño espacio libre para permitir la expansión del alimento durante el proceso.

Sistemas de medición y control

Las mediciones de temperatura se realizaron mediante termopares de chromel – alumel, calibración $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, dada sus características de rápida respuesta, exactitud y bajo costo, conectados a un termómetro digital APPA55. Todos los termopares utilizados se protegieron de altas temperaturas mediante un forro de fibra de vidrio.

La radiación se registró mediante un piranómetro tipo KIPP & ZONEN, donde se registró una radiación superior a 700 W m^{-2} en el plano que contiene la superficie de apertura de la Cocina Tanque. La velocidad del viento se midió con un anemómetro de cazoleta de medición continua, a la altura de la Cocina Tanque.



Figura 2. Cocina Tanque con recipientes de vidrio en su interior



Figura 3. Frascos de vidrio con dulce de durazno esterilizados

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Todos los ensayos se realizaron con días soleados y velocidades de viento menores a 2 ms^{-1} para las experiencias realizadas con la Cocina Tanque. Para la elaboración del dulce se determinó el punto óptimo de cocción en la Cocina Tanque, evaluando tiempo, temperatura y radiación normal al plano de la cubierta de la cocina solar. Se comparó también la curva del flujo absorbido por agua en una olla asadera rectangular en función de la diferencia de temperatura interior (T_{in}) y exterior (T_{ex}), con el flujo absorbido por la misma olla conteniendo pulpa de membrillo. Se realizaron además ensayos de temperatura y tiempo para lograr la esterilización solar en la Cocina Tanque.

Ensayo de dulce en cocina tanque

El ensayo se inició a las 10:00 a.m. con la Cocina Tanque orientada de manera que los rayos solares sean normales al plano de la cubierta, reorientando la cocina cada 20 minutos. En la figura 4 se muestra la curva de calentamiento para la olla tipo asadera rectangular con la pulpa de membrillo, la temperatura ambiente y la radiación normal al plano de la cubierta de doble vidrio, todo en función del tiempo.

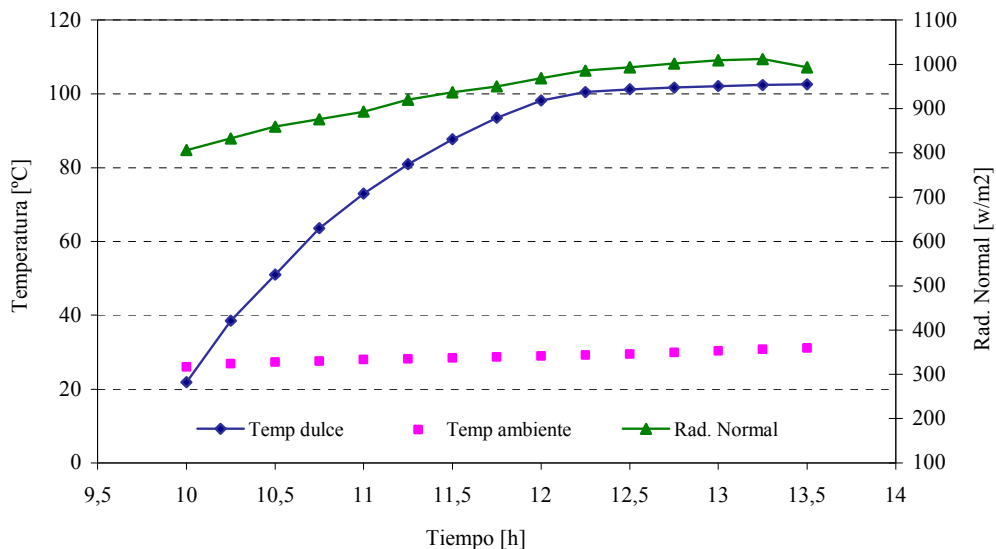


Figura 4. Calentamiento en olla tipo asadera con 2,200 kg de pulpa para dulce

Al inicio del ensayo la temperatura de la pulpa es prácticamente igual a la temperatura ambiente y las pérdidas de calor son nulas en la cocina tanque. La curva presenta una zona de mayor pendiente al inicio del ensayo donde se produce el máximo calentamiento de la carga en la olla. A medida que la temperatura crece, la pendiente de la curva disminuye hasta llegar prácticamente a cero cuando se alcanzan valores próximos a los $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$. El tiempo transcurrido desde el momento de la ebullición hasta que se retira el producto fue de 85 minutos. El promedio de la radiación incidente al plano de la cubierta de vidrio fue de 936 W/m^2 , mientras que el tiempo total para lograr la cocción óptima del dulce fue de 210 minutos.

En la figura 5 se muestra la variación de los flujos absorbidos (velocidad de absorción del calor) por la olla asadera rectangular en función de la diferencia de temperatura de ambiente interior de la cocina tanque con el ambiente exterior, para

una carga de agua y una de pulpa de membrillo, evaluados según el protocolo RICSA. Ambas cargas fueron de 2,200 kg. El máximo flujo experimental absorbido por la olla tipo asadera fue 92,8 °C/h para el agua y 66,4 °C/h para el dulce de membrillo, producido al inicio del ensayo. El flujo absorbido para una diferencia de temperatura de ambiente interior y exterior de 50 °C fue de 26,4 °C/h para el dulce y 27,5 °C/h para el agua. Los factores de olla para ambos ensayos, siendo recipientes iguales, fueron la del agua 70 % y del dulce 60 %.

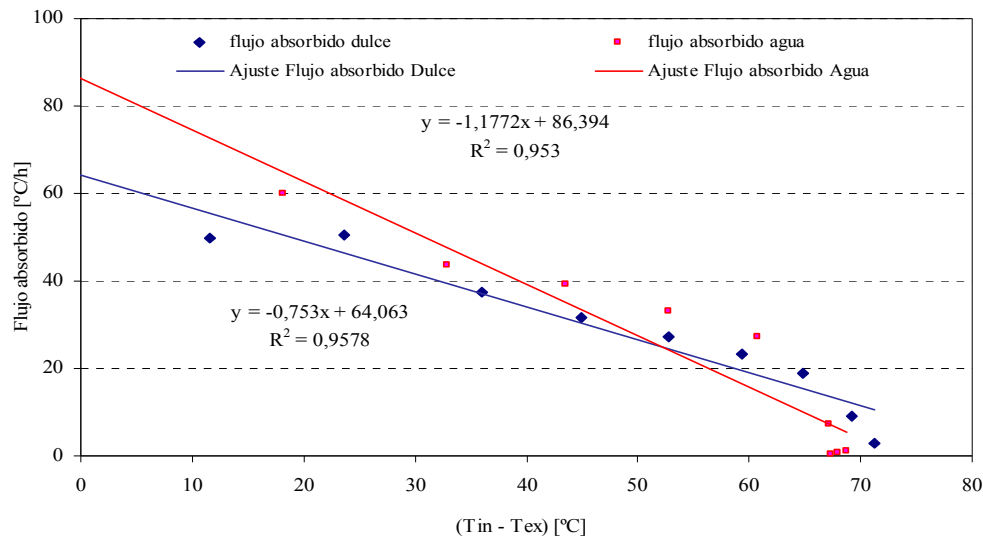


Figura 5. Flujo absorbido agua – dulce

La potencia absorbida del agua, calculada como la diferencia de temperatura entre medidas sucesivas multiplicada por el calor específico del agua y la masa de agua colocada, dividida por los 900 segundos contenidos en los 15 minutos, se muestra en la figura 6 en función de la diferencia de la temperatura interior y exterior para cada intervalo. La máxima potencia absorbida es de 217,64W y la potencia estándar, definida por la RICSA, a 50°C de diferencia de temperatura interna y externa fue de 75,73W. Se muestra también la Regresión lineal de los puntos graficados para encontrar la relación entre la potencia de la cocina tanque y la diferencia de temperatura

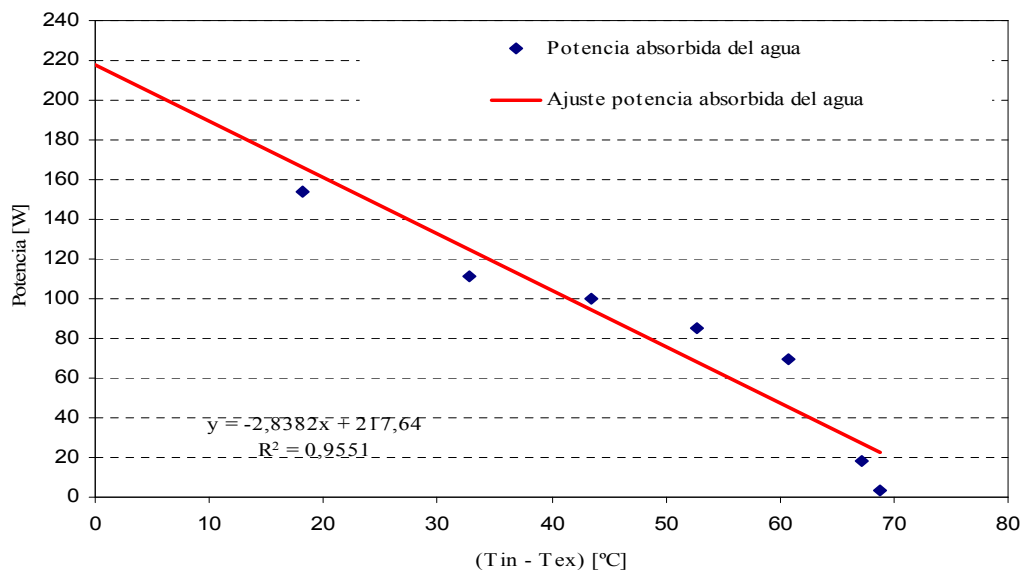


Figura 6. Potencia absorbida del agua – RICSA

La relación entre la temperatura en el proceso de esterilización o envasado de frutas frescas se muestra en la figura 7 juntamente con la variación de la temperatura ambiente, ambas en función del tiempo. Se puede apreciar como al inicio (10 horas) del ensayo la curva presenta una pendiente casi lineal durante tres horas (13 horas), luego esta disminuye a medida que aumenta la temperatura y se anula al alcanzar el punto de ebullición. El tiempo en alcanzar los 98 °C (punto de ebullición) es de 225 minutos. En esta prueba una vez alcanzada la temperatura de ebullición, el ensayo continúa a esta temperatura durante 30 minutos, llamado tiempo de retención, con el cual se asegura la eliminación o muerte de los microorganismos que contienen la carga y esta última se encuentra acondicionada de tal forma que no puede contaminarse nuevamente.

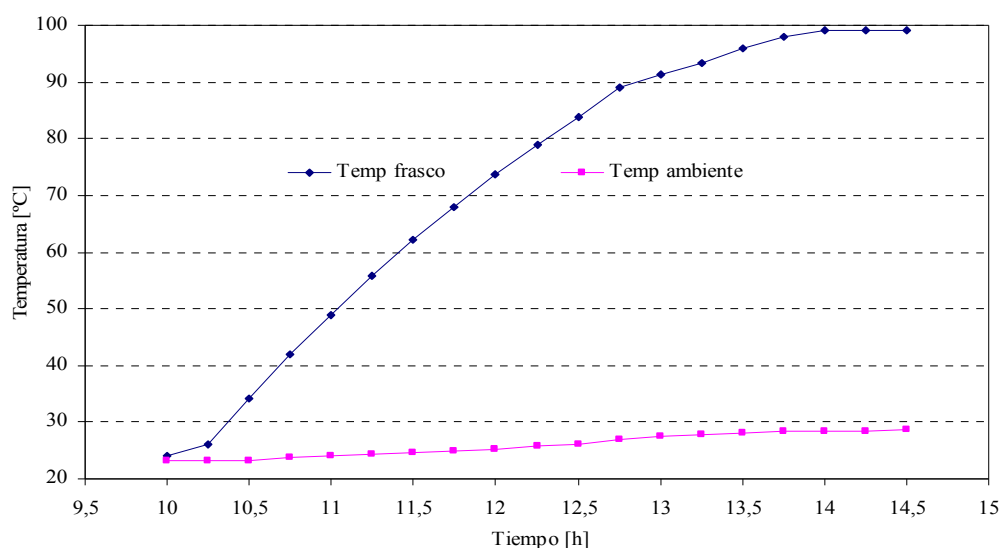


Figura 7. Curva de esterilización solar

CONCLUSIONES

La cocina solar caja, en particular Cocina Tanque cumple con las expectativas para la producción de dulces de pulpa azucarada y para la conservación de frutas frescas de estación. Asimismo se advierte una buena performance como sistema de esterilización.

El tiempo requerido para la cocción de las pulpas azucaradas para la elaboración de dulces y confituras fue satisfactorio teniendo en cuenta los tiempos habituales para la cocción de alimentos.

Una ventaja a señalar frente a los sistemas convencionales es que no requiere intervención del usuario durante el proceso de cocción y que no se "pega" durante el proceso, lo que significa un ahorro importante de mano de obra, ítem que habitualmente influye en el costo del producto.

El factor de olla para la cocción de dulces azucarados es un 10 % menor que la referencia en agua y para una diferencia de temperatura de ambiente interior y exterior de 50 °C mostraron valores muy próximos entre si.

El sistema como esterilizador resulta apropiado y el tiempo de conservación en recipientes de vidrio fue mayor a los 8 meses.

REFERENCIAS

- Saravia L., Caso R., Fernández C. (2003). Cocina solar de construcción sencilla. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 7, N° 1, pp.03-13-17.
- Castel M.E., Finck Pastrana A., Collares Pereira M., Vasquez L., Esteves A. (1999a). Propuestas de procedimiento para la evaluación del comportamiento térmico de cocinas y hornos solares. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 3, N° 2, pp.08-129-132.
- Castel M.E., Finck Pastrana A., Collares Pereira M., Vasquez L., Esteves A. (1999b). Propuestas de procedimiento para la evaluación de las características físicas, ergonómicas, de seguridad, de calidad de materiales y de mantenimiento de cocinas y hornos solares. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 3, N° 2, pp.08-133-136.
- INTA, estación experimental San Juan <http://www.inta.gov.ar/sanjuan/actividad/pro-huerta.htm>
- Filippin F., Iriarte A., Saravia L. (2006). Estudio comparativo de ollas en una cocina solar tipo caja. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 10, pp.03-15-20.

ABSTRACT. There are different methods and technologies to cook foods using only solar energy. Solar conservation and elaboration of foods allow the products to enhance their quality creating a truly sustainable local economy. The present work aims at describing the thermal performance of a solar box cooker to elaborate confections, starting from the fruit pulps cooking and the preserved fruit sterilization into glass recipients. The time required to cook the quince pulp together with sugar, is about 210 minutes. For the sterilization in 330 cm³ recipients the solar box cooker reached 98° C in 225 minutes with a 30 minutes retention time. The thermal evaluation was made applying to the RICSA protocol determining itself a good heat flow absorbed by the pulp, with an efficiency next to the obtained one with water

Key Words: Solar cooker, solar box cooker, fruit pulps cooking, solar sterilization.